

# BATTERY SYSTEM AND METHOD FOR DETECTING BATTERY CONDITION

**Patent number:** JP2001223033

**Publication date:** 2001-08-17

**Inventor:** KINOSHITA TAKUYA; EMORI AKIHIKO; MIYAZAKI HIDEKI;  
AKIYAMA NOBORU

**Applicant:** HITACHI LTD

**Classification:**

- **International:** H01M10/48; G01R31/36; H01M10/42

- **European:**

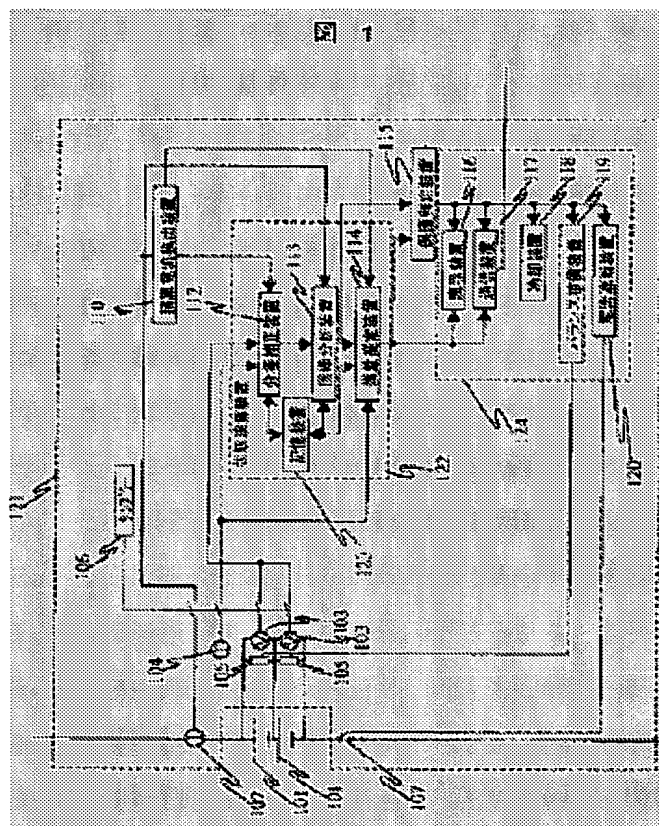
**Application number:** JP20000034314 20000207

**Priority number(s):** JP20000034314 20000207

Report a data error here

## Abstract of JP2001223033

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To detect the conditions of a battery with a good precision.  
**SOLUTION:** A polarization correction of voltage of battery by the function of temperature and current of battery is carried out at every time of voltage measurement, and by comparing the results of regression analysis of the data of corrected voltage and current with the battery properties, the residual amount and degradation of battery are detected. By this way, the battery condition can be rapidly detected with a good precision.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-223033

(P2001-223033A)

(43) 公開日 平成13年8月17日 (2001.8.17)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマト\* (参考)

H 0 1 M 10/48

H 0 1 M 10/48

P 2 G 0 1 6

G 0 1 R 31/36

C 0 1 R 31/36

A 5 H 0 3 0

H 0 1 M 10/42

H 0 1 M 10/42

P

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2000-34314 (P2000-34314)

(22) 出願日 平成12年2月7日 (2000.2.7)

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 木下 拓哉

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

(72) 発明者 江守 昭彦

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

(74) 代理人 100075096

弁理士 作田 康夫

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電池システム及び電池の状態検出方法

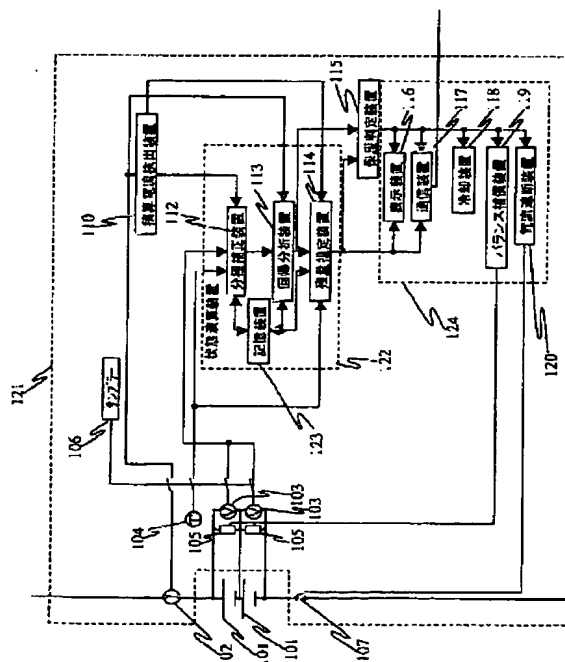
(57) 【要約】

【課題】電池の状態を精度良く検出する。

【解決手段】電池の温度と電流の関数で電池の電圧を電圧測定の際に分極補正し、補正した電圧と電流のデータを回帰分析した結果と電池特性を比較する事で、電池の残量と劣化を検出する。

【効果】電池の状態を高速に精度良く検出する事ができる。

図 1



【特許請求の範囲】

【請求項1】電池と、前記電池の充放電電流を検出する電流検出装置と、前記電池の電池電圧を検出する電圧検出装置と、一定周期毎に充放電電流と電池電圧をサンプルするサンプラーと、サンプル時間又は回数と充放電電流と電池電圧を変数とし前記電池の起電圧や内部抵抗等の状態を推定する演算式を記憶した記憶装置と、前記演算式を用いて電池の状態を演算する状態演算装置とを有する電池システム。

【請求項2】電池と、前記電池の充放電電流を検出する電流検出装置と、前記電池の電池電圧を検出する電圧検出装置と、前記電池の温度を検出する温度検出装置と、一定周期毎に充放電電流と電池電圧と電池温度をサンプルするサンプラーと、サンプル時間又は回数と充放電電流と電池電圧と温度を変数とし前記電池の起電圧や内部抵抗等の状態を推定する演算式を記憶した記憶装置と、前記演算式を用いて電池の状態を演算する状態演算装置とを有する電池システム。

【請求項3】請求項1又は請求項2において、前記記憶装置は分極電圧を記憶し、前記演算式は分極電圧を更新する分極電圧更新演算式と、電池電圧から分極電圧分を補正し補正電圧を演算する補正演算式とを含み、前記分極電圧更新演算式は過去に分極電圧演算結果を変数とする電池システム。

【請求項4】請求項1～3のいずれかにおいて、前記演算式はサンプルした電池電圧と充放電電流のデータを充放電電流値の複数の区間で分割し、分割されたデータそれぞれを平均する処理を含む電池システム。

【請求項5】請求項1～4のいずれかにおいて、前記電池を充電する電圧源を有し、前記電圧源の指令値が前記電池状態演算結果に基づいている電池システム。

【請求項6】電池電圧と充放電電流に基づいて、電池の分極電圧を補正する電池の状態検出方法であって、過去に分極電圧演算結果を変数とする分極電圧更新演算式で分極電圧を更新する電池の状態検出方法。

【請求項7】請求項6において、前記分極電圧更新演算式が電池の温度を変数とする事の特徴とする電池の状態検出方法。

【請求項8】電池電圧と充放電電流に基づいて、電池の状態を回帰分析する電池の状態検出方法であって、前記回帰分析は電池電圧と充放電電流のデータを充放電電流値の複数の区間で分割し、分割されたデータそれぞれを平均する処理を含む電池の状態検出方法。

【請求項9】電池電圧と充放電電流に基づいて、電池の状態を回帰分析する電池の状態検出方法であって、過去に分極電圧演算結果を変数とする分極電圧更新演算式で分極電圧を更新し、前記回帰分析は電池電圧と充放電電流のデータを充放電電流値の複数の区間で分割し、分割されたデータそれぞれを平均する処理を含む電池の状態検出方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は電池システムに係わり、特に、電池を集合させた組電池の状態を管理するシステムに関する。

【0002】

【従来の技術】従来、電池電圧、充放電電流と温度を測定して電池の状態を検出する電池状態検出方法があった。例えば特開平10-106635号公報に開示される技術が知られている。従来の電池状態検出方法では、まず所定期間に電池電圧と電流を測定し、結果を平均してから分極電圧を補正する。その後、所定の平均電流-補正電圧データを回帰分析して電池の起電圧と直流抵抗を求め、直流抵抗から電池の劣化を、起電圧から電池の残量を算出する。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】従来の電池状態検出方法では、平均処理をした電池電圧毎に分極電圧を演算しているので、常に変化している分極電圧の影響を正確に補正できなかった。その影響で回帰分析によって求める起電圧と直流抵抗に誤差が生じていた。また、電池を大電流用途に用いる場合、一般的には安全性の確保や品質保持のために、使用できる最大電圧と最小電圧が規定されている。これらの結果、誤差が出ても使用電圧範囲を外れないために保護マージンを大きくとる必要があり、電池の使用温度範囲と電流範囲が過剰に制限されていた。

【0004】本発明は上記課題を考慮してなされたものであり、電池の状態を精度良く検出する手段を提供することを目的とする。

【0005】本発明の他の目的は、温度変化や経時変化により電池の特性が変化しても、精度を落すことなく電池の状態を検出する方法を提供する事にある。

【0006】本発明の他の目的は、電流源を用いずに電池を定電流で充電することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明に係る電池システムは、電池と、電池の充放電電流を検出する電流検出装置と、電池の電池電圧を検出する電圧検出装置と、電池の温度を検出する温度検出装置と、一定周期毎に充放電電流と電池電圧と電池温度をサンプルするサンプラーとを有する。さらに本システムは、サンプル時間又は回数と充放電電流と電池電圧と温度を変数とし電池の起電圧や内部抵抗等の状態を推定する演算式を記憶した記憶装置と、演算式を用いて電池の状態を演算する状態演算装置とを有する。

【0008】好ましくは、記憶装置は分極電圧を記憶し、演算式は分極電圧を更新する分極電圧更新演算式と、電池電圧と分極電圧を変数とし、補正電圧を演算する補正演算式とを含む。ここで、分極電圧更新演算式は

過去の分極電圧演算結果を変数とする。

【0009】また、演算式はサンプルした電池電圧と充放電電流のデータを充放電電流値の複数の区間で分割し、分割されたデータそれぞれを平均する処理を含むことが好ましい。

【0010】さらに好ましくは、電流源を用いずに電池を定電流で充電するために、電池を充電する電圧源を有し、電圧源の指令値が電池状態検出結果に基づいている。

【0011】また、電池の状態を精度良く検出するために、本発明による電池の状態検出方法は、電池電圧と充放電電流に基づいて電池の分極電圧を補正する。分極電圧は、過去の分極電圧演算結果を変数とする分極電圧更新演算式で更新される。

【0012】また本発明による電池の状態検出方法は、電池電圧と充放電電流に基づいて、電池の状態を回帰分析する。回帰分析はサンプルした電池電圧と充放電電流のデータを充放電電流値の複数の区間で分割し、分割されたデータそれぞれを平均する処理を行う。

【0013】さらに、温度が変化しても上記目的を達成するために、電池の温度をサンプルすると共に、補正係数が温度の関数となっていることが好ましい。

【0014】また、経時変化により電池の特性が変化しても電池の状態を精度良く検出するために、電池に最大定格電流の10%以上の電流を1秒以上の期間連続する充放電電流を流し、その後10秒以上の期間、前記電流値よりも小さい電流を連続して流す電流パターンを有する。また、充放電電流を最大定格電流の1%以下にしている期間内に、所定の時間間隔で電池電圧をサンプルすることが好ましい。

【0015】

【発明の実施の形態】図3は電池の等価回路を示す図である。

【0016】図3(a)は電池の簡略化した等価回路モデルである。 $V+$ 端子335と $V-$ 端子336はそれぞれ電池の正、負極端子、 $E$ は電池の起電圧、 $R$ は内部抵抗、 $C$ は寄生容量、 $R_c$ は寄生容量の放電抵抗である。これらのうち、 $E$ は残量に、 $R$ は劣化に対応する。 $V+$ 端子335～ $V-$ 端子336間の電池電圧 $V$ と、電池を流れる電流 $I$ 、電池の筐体外部の温度 $T$ は直接測定可能な状態量である。また、 $V_c$ は $C$ の分極電圧、 $I R$ は内部抵抗 $R$ と充放電電流 $I$ により発生する電圧で、 $E$ 、 $R$ 、 $C$ 、 $R_c$ 、 $V_c$ 等は直接測定が困難な状態量である。

【0017】電池の容量に対して十分に小さい電流で電池を充放電させる場合、 $V_c$ や $I R$ が $E$ に対して十分に小さいため、 $V \approx E$ と近似する事ができる。しかし、大電流の場合は $V_c$ や $I R$ が大きく、 $V \neq E$ となる。

【0018】そこで、 $E$ や $R$ を求めるには、先ず $V_c$ を電流履歴から推定して $V$ を補正する( $V' = V - V$

$c$ )。次に $V' = I R + E$ と近似し、切片と傾きから $E$ と $R$ を推定する。

【0019】この時、一般的な電池では、図3(b)のように $C_1 \sim C_3$ や $R_{c1} \sim R_{c3}$ のように異なる時定数の寄生容量と放電抵抗を有する。このような場合は、時定数の異なる複数の $V_{c1} \sim 3$ があるため、分極電圧の補正には注意を要する。

【0020】図1は本発明の実施例である電池システムを示す図である。直列に接続された複数の電池101と、それぞれの電池101に接続された電池制御装置121によって構成されている。

【0021】電池制御装置121には $I$ を測定する電流検出装置102、複数の電池101それぞれの $V$ を測定する電圧検出装置103、 $T$ を測定する温度検出装置104、所定期間内に流れた電流の積算値 $\int I$ を測定する積算電流検出装置110、各検出装置がデータをサンプルしてくるタイミングを決定するサンプラー106、状態演算装置122、保護判定装置115、放電回路105、スイッチ107、及び周辺装置124からなる。

【0022】状態演算装置122は分極補正装置112、回帰分析装置113、残量推定装置114、記憶装置123で構成されている。

【0023】分極補正装置112は、 $T$ 、 $V$ 、 $\int I$ を各検出装置から、 $V_c$ を記憶装置から受取り、 $T$ 、 $V$ 、 $\int I$ 、 $V_c$ の関数を演算して $V_c$ を更新し、新しい $V_c$ を記憶装置123に出力する。また、補正電圧( $V' = V - V_c$ )を演算して出力する。

【0024】回帰分析装置113は分極補正装置112から $V'$ を、電流検出装置102から $I$ を受取り、 $V' - I$ データを例えば60秒分記憶し、回帰分析を行って $E$ と $R$ を推定し、出力する。

【0025】残量推定装置114は、回帰分析装置113から $E$ 、温度検出装置104から $T$ 、積算電流検出装置110から $\int I$ を受取り、前回の残量と $E$ 、 $T$ 、 $\int I$ の関数から残量を推定し、出力する。

【0026】ここで、残量推定装置114と共に内部抵抗から劣化を推定する装置を組み込んでもよい。また、内部分極が小さい電池に対しては分極補正装置112を含まなくても、 $V$ を直接回帰分析する事で十分な精度の $E$ を求める事ができる。また、 $R$ の変化が小さい電池では回帰分析装置を含まなくても、 $V'$ と既知の $R$ から $E$ を求める事ができる。

【0027】周辺装置124は、表示装置116、通信装置117、冷却装置118、バランス補償装置119、電流遮断装置120から成る。

【0028】保護判定装置115は、回帰分析装置113から $E$ 、 $R$ を、残量推定装置114から残量を受取り、 $E$ 、 $R$ 、残量が使用範囲に入っているかを判定し、表示装置116、通信装置117、冷却装置118、バランス補償装置119、電流遮断装置120に保護指令を出

力する。

【0029】また、表示装置116は保護指令だけでなく残量也表示し、通信装置117は保護指令と必要に応じて残量等も出力する。

【0030】冷却装置118は、保護判定装置115の指令に基づいて電池を冷却する。

【0031】バランス補償装置119は、保護判定装置の指令に基づいて、電池に並列に接続された放電回路105を制御する。

【0032】電流遮断装置120は電池101の電流経路上に設けられたスイッチ107を制御する。

$$V_c(t) = k_1(T, \eta, \text{残量}) \times \int I \\ + k_2(T, \eta, \text{残量}) \times V_c(t-1) \quad \dots (1)$$

$k_1$ と $k_2$ は温度 $T$ や劣化 $\eta$ 、残量に依存する電池特性データより定まり、 $k_1(T, \eta, \text{残量})$ は0.0001~0.0000001、 $k_2(T, \eta, \text{残量})$ は0~1の値を用いる。

【0037】また、 $\int I$ は $I$ や、 $I(t)$ と1秒前の $I(t-1)$ の平均値等を用いてもよい。(1)式は前回の演算結果から減衰した分極電圧 $k_2(T, \eta, \text{残量}) \times V_c(t-1)$ と、新たに発生した分極電圧 $k_1(T, \eta, \text{残量}) \times \int I$ の成分を計算し、加算した事に相当する。

【0038】図3(b)の様に、時定数の異なる $V_c$ 成分が多数ある場合でも、 $V_c$ と $k_1(T, \eta, \text{残量})$ をベクトル、 $k_2(T, \eta, \text{残量})$ を対角行列として計算すればよい。

【0039】また、 $k_1$ 、 $k_2$ は温度や劣化の関数として記憶装置に保持させたが、電池特性の変化が小さい場合は定数を用いてもよい。

【0040】次に $V_c$ の更新後、補正演算式 $V' = V - V_c(t)$ より補正電圧 $V'$ を得る。その後、得られた $V'$ と $I$ を記憶装置に保持させ、61秒前の $V'$ と $I$ を記憶装置から消去する。

【0041】この様に本実施例によれば、データ計測の度に、データ計測前の分極電圧 $V_c(t-1)$ と $\int I$ をもってデータ計測時の分極電圧 $V_c(t)$ を求め、 $V$ を逐次補正することができる。このため、分極電圧の推定において、複数存在するパラメータの内、 $k_1(T, \eta, \text{残量})$ と $k_2(T, \eta, \text{残量})$ 及び $V_c(t-1)$ と $\int I$ と少ないパラメータで分極電圧を補正できる。この結果、従来時定数の長い $V_c$ の推定には時定数の数倍長い期間の電流履歴データが必要だったのに対し、本実施例によれば少ないパラメータで精度良く推定する事が可能となる。

【0042】次に回帰分析装置113で、60秒分の $V' - I$ データを回帰分析して $R$ 及び $E$ を推定する。

【0043】図4は回帰分析の方法を示す図である。縦軸は $V'$ 、横軸は $I$ である。状態推定装置122では実際に作図は行わないが、説明のために図を用いている。

【0033】電池制御装置121の動作は、まず運転開始とともに、サンプラー106と電圧検出装置103、電流検出装置102、積算電流検出装置110、温度検出装置104により例えば1秒間毎に $V$ と $I$ 、 $\int I$ 、 $T$ を測定する。

【0034】次に、分極補正装置112で記憶装置113に記憶された分極電圧更新演算式に基づき $\int I$ と $T$ により $V_c(t)$ を更新し、補正演算式で $V$ を補正する。

【0035】ここで分極電圧更新演算式は次式で示される。

【0036】

まず、各データの電流値と電流の中心値 $I_c$ とを比較し、その大小でデータを2分割する。次に、2分割されたデータ群の平均値を求めて直線で結び、切片 $E$ と傾き $R$ を求める。

【0044】ここで、各データと比較する基準は電流の中心値 $I_c$ で示されているが、データの平均値やあらかじめ設定された基準値を用いても実現可能である。また、データを電流値で2分割する場合について示されているが、電流値に対し多数の区間で分割し、それぞれの区間内のデータを平均してから、最小二乗法などの手法で回帰直線を求めてもよい。

【0045】回帰分析装置113は回帰分析を行う動作モードと行わないモードを切替える。このモードの切替えは、データサンプル毎に $I$ の分散や変化量を判定して行う。データが揃わないスタートから60秒間と、60秒のサンプル期間に $I$ が所定の変化をしなかった場合に回帰分析を行わないモードになる。

【0046】回帰分析を行わない動作モードでは、直前に推定した $R$ を残量や温度の関数で補正した抵抗値と $V'$ と $I$ から $E$ を推定し、保護判定装置115や残量推定装置114に出力する。また、 $I$ が所定の値未満で $R$ が十分小さい時は $V'$ を $E$ として出力してもよい。また、動作モードを残量推定装置114や保護判定装置115に出力してもよい。

【0047】60秒のサンプル期間に $I$ が所定の変化をした場合に回帰分析を行うモードになる。

【0048】上記動作を実施する一つの手法として、記憶装置123にカウント用の変数 $a$ 、 $b$ を用意しておく。スタート時は変数を $a=60$ 、 $b=60$ にする。スタートから60秒をカウントするために、回帰分析装置115にデータが入力される度に $a$ を1減らし、 $a=0$ になるまでは回帰分析を行わない。また、 $I$ が所定の変化をした時には $b$ を0にクリアし、変化をしなかった時には $b$ には1が足される。 $b$ が60以上なら回帰分析を行わず、 $b$ が60未満なら回帰分析を行う。

【0049】この様に本実施例によれば、回帰分析を行うモードと行わないモードを切替える事で、どんな電流

パターンを電池に印加しても、常に精度良く電池の状態が検出される。

【0050】また、従来用いられていた最小二乗法の場合、(2)式に示した通り各データの乗算(専用乗算器を持たないマイコンでは最も重い)処理が入るので回帰分析のデータ数が多くなると、処理量が飛躍的に増える

$$R = \frac{n \sum V I - \sum V \sum I}{n \sum I^2 - (\sum I)^2}$$

$$E = (\sum V - R \sum I) / n$$

【0052】この様に本実施例によれば、回帰分析を行うデータ数に制限を受けることがないので、より多くのデータを回帰分析し、精度良くEとRが推定される。

【0053】次に保護判定装置115では、回帰分析装置113で求められたEを設定上(下)限と比較する。設定値を超えていれば過充電(過放電)と判定して、充電禁止信号(放電禁止信号)を電流遮断装置120、又は通信装置117、又は表示装置116に出力する。

【0054】また、Rが設定上限を超えていれば、電池劣化と判定し、電池劣化信号を通信装置117又は表示装置116に出力する。

【0055】残量推定装置114では、測定されたT、回帰分析装置113により求められたEと、記憶装置123に記憶された残量-T-Eテーブルから現在のEに対応する残量を求める。テーブルの代りにTとEを変数とする関数を用いて残量を求めてもよい。

【0056】また、残量推定装置114では、前回の残量推定結果を、測定電流値や複数の電流値の平均値、電流積算値などの関数で補正して現在の残量を推定する。

【0057】次に、上記2通りの方式で求められた残量を重み付平均し、現在の残量を算出して、保護判定装置115、表示装置116、通信装置117等へ送信する。

【0058】次に保護判定装置115では、残量が設定上下限に入っているか判定し、上下限を超えた場合は表示装置116、通信装置117等へ異常警報を送信し、電流遮断装置120に電流遮断命令を出す。複数の電池を制御している場合には、残量のばらつきを評価し、ばらつきが設定上限を超えていれば、バランス補償装置118にばらつき補正命令を出す。

【0059】残量推定と同様の方法でRから劣化推定を行い、保護判定に用いる。この場合、前回の劣化推定結果を1等で補正する必要はない。

【0060】以上の方法により、電気自動車の走行中にV、I、Tを1秒毎に測定し、Eを求めた結果Aを図5に示す。また、回帰分析に用いたV'-Iデータも示す。加えて、比較のため従来の推定法Bで求めた結果を併記する。推定法Bは以下の様に求める。

【0061】1) 1秒毎に測定したV-Iデータ10個を平均処理、

2) 過去5分間の電流履歴でVの平均値を分極補正して

難点がある。そのため、回帰分析を行う前にデータを平均処理し、回帰分析を行うデータ数を少なくする工夫がなされている。それに対して、本実施例において回帰分析装置113の演算は主に平均処理である。そのため、回帰分析の前にデータ数を事前に減らす必要がない。

【0051】

…(2)

V'を求め、

3) 60秒分のV'-Iデータ(6ポイント)を最小二乗法で回帰分析。

【0062】図5において、V'がE推定結果から大きく離れる理由は、IR電圧のためである。従ってその期間は、電流が流れている。その直後では、残量の変化に伴いEも変化している。V'の変化とE推定値の比較から、BよりもAの方が残量の変化に対する応答が速い事が分かる。この特徴は、ハイブリッド電気自動車の様な急峻な電流・電圧変動が生じる電池負荷に対し特に有効である。そして、電池の残量を応答良く把握する事により、残量のマージンを少なくする事ができ、搭載する電池の容量を小さくする事ができる。

【0063】図6は1回の回帰分析に用いるV'-Iデータの例を示した図で、縦軸が電圧、横軸が電流である。理想的にはV' = RI + Eの関数になるので、各ポイントを結ぶ直線はy切片がE、傾きがRになる。Bでは回帰分析を行う前にデータを平均処理しているために、データが電流0A付近に集まり、R計算の時に誤差が生じやすい。

【0064】図7は本発明による推定法Aと従来の推定法BによってRを算出した結果を示した図で、縦軸が抵抗、横軸が時間である。この電池の内部抵抗は実測値で0.7Ω程度であった。これに対し、本発明による推定法では、0.7~0.8Ωと算出されるが、Bでは0.85~1.05Ωと算出される。

【0065】この様に本実施例によれば、1回のV測定毎にVcを算出しているので、常に変化しているVcを精度良く補正することができる。さらに、多くのデータを用いて回帰分析を行う事ができるので、V = RI + Eのグラフをより正確に描くことができ、y切片Eと傾きRをより正確に求めることができる。さらに、精度の高い電池の状態推定結果を電池の保護に用いる事により、保護マージンを少なくする事ができ、電池の使用可能な容量を大きくする事ができる。

【0066】図2は本発明の実施例である電池の状態検出方法を示すフローチャートである。図1の各ブロックと図2の処理の対応関係は、サンプラー106と電流検出装置102と電圧検出装置103と温度検出装置104と積算電流検出装置110が<データ計測>223、分極補正装置112が<分極補正>224、回帰分析装

置113が<回帰分析>225、残量推定装置114が<Eから残量推定>227と<Iから残量推定>228と<残量推定>229、保護判定装置115が<保護判定>226にそれぞれ対応している。以降、図2のフローチャートに沿って電池の状態検出方法を説明する。

【0067】スタート222から処理を開始する。<データ計測>223では運転開始とともに、1秒毎にVとI、 $\int I$ 、Tを測定する。

【0068】次に<分極補正>224では、先ず $\int I$ とTにより $V_c(t)$ を(1)式を用いて更新し演算する。

【0069】次に $V_c$ の更新後、補正電圧 $V' = V - V_c(t)$ を演算する。

【0070】この様に本実施例によれば、データ計測の度に、データ計測前の分極電圧 $V_c(t-1)$ と $\int I$ をもってデータ計測時の分極電圧 $V_c(t)$ を求め、Vを逐次補正することができる。このため、分極電圧の推定において、複数存在するパラメータの内、 $k_1(T, \eta, \text{残量})$ と $k_2(T, \eta, \text{残量})$ 及び $V_c(t-1)$ と $\int I$ と少ないパラメータで分極電圧を補正できる。この結果、従来時定数の長い $V_c$ の推定には長い期間の電流履歴データが必要だったのに対し、本実施例によれば少ないパラメータで正確に推定する事が可能となった。

【0071】次に<回帰分析>225では、Iと演算で求められた $V'$ は記憶され、61秒前の $V' - I$ データが消去される。次に60秒分の $V' - I$ データを回帰分析してR及びEを推定する。回帰分析の具体的な手法は、図4について前述したとおりである。

【0072】<保護判定>226では、求められたEを設定上(下)限と比較する。設定値を超えていれば過充電(過放電)と判定して、充電禁止信号(放電禁止信号)を出力する。また、Rが設定上限を超えていれば、電池劣化と判定し、電池劣化信号を出力する。

【0073】<Eから残量推定>227では、測定されたT、演算により求められたEと、残量-T-Eテーブルから現在のEに対応する残量を求める。テーブルの代りにTとEを変数とする関数を用いて残量を求めてもよい。

【0074】<Iから残量推定>228では、前回の残量推定結果を、測定電流値や複数の電流値の平均値、電流積算値などの関数で補正して現在の残量を推定する。

【0075】<残量推定>229では、EとIから推定された残量を重み付平均し、現在の残量を算出する。

【0076】<保護判定>226-2では、残量が設定上下限に入っているか判定し、上下限を超えた場合は異常警報を送信、電流遮断命令を出す。複数の電池を制御している場合には、残量の電池間ばらつきを評価し、ばらつきが設定上限を超えていれば、バランス補償命令を出す。

【0077】図には示していないが、残量推定と同様の方法でRから劣化推定を行い、保護判定に用いることが

できる。

【0078】以上の処理を終了し、リターン230に処理が移ったら、スタート222に戻り、処理を開始する。

【0079】この様に本実施例によれば、図1の実施例と同様に、EとRを正確に求めることができるとともに、電池の保護マージンを少なくする事ができ、電池の使用可能な容量を大きくする事ができる。

【0080】図8はより多くの電池を制御するために、本発明による電池制御装置121を各電池毎の処理と組電池全体に対する処理に分け、役割を分散させた電池システムを示す図である。

【0081】複数の電池モジュール837が直列に接続された構成から成る組電池838は、スイッチ107を介して電圧変換や交流直流変換、周波数変換等を行う変換器842に接続されている。また、変換器842は商用電源843や電気機器844、モーター845等に接続されている。

【0082】そして、それぞれの電池モジュール837は、電池毎の処理を担当するセルコントローラユニットCCU846とそれぞれ接続され、各CCU846は組電池全体に対する処理を担当するバッテリーコントローラBC841と接続されている。

【0083】更に、BC841は組電池838の充放電経路上に設置された電流検出装置102及び表示装置116、変換器842、電流遮断装置120とも接続されている。

【0084】BC841はIや $\int I$ 等を測定する。また、変換器842に電池状態を集計して送信し、異常発生時には電流遮断装置120に遮断命令を出す。また、集計された電池状態や保護判定結果を、必要に応じて表示装置116に表示させる。

【0085】CCU846は、各電池101の端子間電圧を検出する電圧検出装置103と、各電池101とそれぞれ並列に接続された放電回路105と、電池101の近傍に設置されCC839に接続された温度検出装置104と、セルコントローラCC839とバッテリーコントローラBC841に接続された絶縁通信装置PC840からなっている。

【0086】電圧検出装置103は、各電池101のVをCC839の指令により測定し、測定結果をCC839から読み出し可能とする。温度検出装置104は電池モジュール837近傍の温度をCC839の指令により測定し、CC839から読み出し可能とする。CC839の指令により、放電回路105は各々に接続されている電池101を放電させる。

【0087】電圧検出装置103や放電回路105は複数の電池101を1ブロックとして、各ブロック毎の正負極に接続することもできる。

【0088】温度検出装置104は電池モジュール83

7内に複数設けることもでき、それぞれの温度検出結果の平均値、最低値、最高値、分散等を用いることもできる。温度検出装置104の数を増やすことで、電池毎の発熱のばらつきを演算し、劣化判定や異常判定に利用して安全性を増すことができる。

【0089】図9は図8におけるCC839とBC841の処理を示すフローチャートである。CC839とBC841の処理について図9を用いて説明する。

【0090】＜データ計測＞運転開始とともに1秒毎に計測開始信号をBC841がCC839に送信し、BC841は送信終了割込みの後にIを、CC839は受信終了割込みの後に各電池101のVと各電池モジュール837のTを測定する。BC841は電流測定結果と電流積算値をCC839に送信する。

【0091】ほぼ同時に起るBC841の送信終了割込みとCC839の受信終了割込みの直後にIとVを測定する事で、IとVをほぼ同時に測定することが可能となる。送信終了割込みと受信終了割込みが同時でない時も、時間のずれがあらかじめ分かっているため、待機時間を作って調整する事が可能である。

【0092】＜分極補正＞、＜回帰分析＞、＜保護判定＞、＜残量推定＞については、前述と同様に動作する。

【0093】図9でCC839は図2の実施例と同じ動作をする。BC841はCC839から送られてきた残量を集計して電池システム全体の残量を演算する。

【0094】また、残量ばらつき判定は、電池モジュール837内だけでなく、BC841でも電池モジュール837間の残量ばらつきを判定する。残量が大きいと判定された電池モジュール837に接続されたCC839には、全ての電池を放電する指令が出される。また、CC839での保護判定結果はBC841を介して電流遮断装置や変換器に送信される。

【0095】この様に図9の実施例によれば、BC841はCC839に電流値を定期的に送信するだけで個々の電池状態を受信することができる。CC839の中で電池の製品毎に固有のパラメータを用いた処理をすべて終える事ができるので、電池メーカーが作成した使用条件で他のメーカーが電池モジュール837とCCU846を使用することができる。また、BC841や電流検出装置102、電流遮断装置120は変換器842で兼ねることもでき、制御部を簡略化、低コスト化することもできる。

【0096】図10はCC839とBC841の処理を示すフローチャートである。CC839とBC841の処理について図10を用いて説明する。

【0097】図10で、＜データ計測＞と＜分極補正＞と＜回帰分析＞は前述と同様に動作する。図9の場合とは異なり、CC839は＜残量推定＞を行わず、＜回帰分析＞までを行い、結果のEとRをBC841に送信する。BC841では、＜保護判定＞と＜残量推定＞を行

う。全ての＜保護判定＞はBC841で行われ、CC839での＜保護指令＞はBC841からバランス補償命令を受信し、放電回路105に放電指令を出すことに限られる。

【0098】この様に図10の実施例によれば、図9の処理では各CC839に残量-E-Tテーブルを必要としていたのに対し、図10の処理では、BC841に残量-E-Tテーブルを集約するので、メモリーの必要量が少なくなる。

【0099】図11は組電池838を変換器842に接続した電池システムの実施例を示す図である。電圧検出装置103、電流検出装置102、温度検出装置104が組電池838に取付けられている。また、組電池838の電流経路上に突入電流防止抵抗1054、変換器スイッチ1052、電流遮断スイッチ1051が設置されている。また、電流遮断スイッチ1051と突入電流防止抵抗1054を介して組電池838と並列に、平滑コンデンサ1055が接続されている。ここでは電池制御装置121の図示は省略されている。

【0100】図12は図11においてk1、k2の抽出の際に電池を流れる電流波形と電圧波形の一例を示す図である。横軸に時間、縦軸に電流と電圧を示している。

【0101】劣化とともに変化する電池特性データk1、k2を更新するために定期的に行われるk1、k2の抽出方法について図11と図12を用いて説明する。

【0102】分極補正に用いる係数k1、k2の抽出方法では、まず、変換器スイッチ1052や電流遮断スイッチ1051を制御して図12に示した電流波形を組電池838に印加する。電流経路の一例としては、電流遮断スイッチ1051と変換器スイッチ1052の全てをオンにし、主に突入電流防止抵抗だけのインピーダンスの電流経路を用いる事ができる。電流0になった後、ほぼ変化が無くなるまでVを測定する。

【0103】この時、Vcの変化を測定するので、Vcに大きな変化をさせるためには、IHは電池の定格を超えない範囲でできるだけ大きい方が望ましく、tonも分極の時定数よりも長い時間を取る事が望ましい。ILは0に近い方が望ましく、toffはVcがほぼ0に近づく期間待つほうが望ましい。

【0104】まず電流0時のVcの減衰から、測定周期でのVc減衰率k2を求める。

【0105】次に、電流遮断直後のVcとIHに応じて
$$ton \text{ が測定周期} \times 1 : k1 \times IH = Vc \times 2 : k1 \times IH + k2 \times k1 \times IH = k1 \times IH \times (1 + k2) = Vc \times 3 : k1 \times IH \times (1 + k2 + k2^2) = Vc$$
の関係からk1を求める。

【0106】この様に本実施例によれば、電池交換や劣化により電池特性が変化しても、精度を落すことなくEやRを推定する事が可能となる。例えば電池の寿命が5年、制御回路の寿命が10年であった場合、電池の保護

方式が同一であれば、使用開始から5年目に電池をバージョンアップして、制御回路は交換しないことが可能となり、消費者の経済的負担が軽減する。

【0107】図13は電池システムに電圧源を付加したシステムの実施例を示す図である。組電池838と電池制御装置121に加えて、組電池と並列に電圧源1259が接続され、その出力電圧は電池制御装置121から指令できるようになっている。

【0108】電圧源1259だけを用いて組電池838を充電する場合、定電圧充電はできても、定電流充電を行うことはできない。しかし、電池制御装置でEとR、 $V_c$ が分かっているので、電流値Iから電圧源1259の電圧( $E + IR + V_c$ )を逆算して指令することで、電圧源1259を用いた定電流充電を行うことができる。

【0109】この様に本実施例によれば、電圧源1259に電池制御装置121から指令を出す事により、電圧源を用いなくて組電池838に定電流充電を行う事ができる。

【0110】

【発明の効果】本発明によれば、電池の分極電圧の影響を正確に補正できるので、求める起電圧と直流抵抗に生じる誤差が小さくなる。

【0111】また本発明によれば、温度変化や経時変化による電池の特性変化にかかわらず、電池の状態を精度良く検出できる。

【0112】また、本発明によれば、電圧源を用いて電池を定電流充電する事ができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例である電池システムを示す図である。

【図2】本発明の実施例である電池の状態検出方法のフローチャートを示す図である。

【図3】電池の等価回路を示す図である。

【図4】実施例における回帰分析の方法を示す図であ

る。

【図5】起電圧推定結果を示す図である。

【図6】1回の回帰分析に用いる $V' - I$ データの例を示す図である。

【図7】Rを算出した結果を示す図である。

【図8】電池制御装置を分散させた電池システムの実施例を示す図である。

【図9】図8におけるセルコントローラとバッテリーコントローラの他の処理を示すフローチャートである。

【図10】図8におけるセルコントローラとバッテリーコントローラの他の処理を示すフローチャートである。

【図11】組電池を変換器に接続した電池システムの実施例を示す図である。

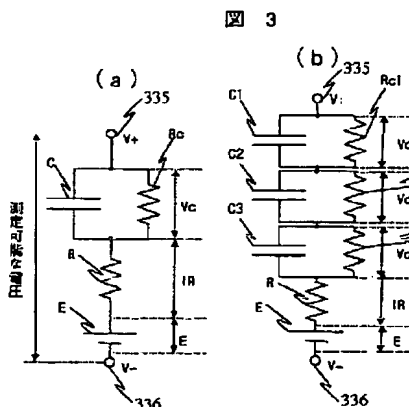
【図12】図11における、 $k_1$ 、 $k_2$ の抽出の際に電池を流れる電流波形と電圧波形の一例を示す図である。

【図13】電池システムに電圧源を付加したシステムの実施例を示す図である。

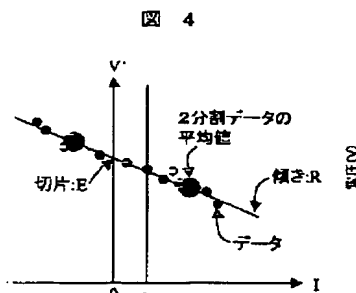
【符号の説明】

101…電池、102…電流検出装置、103…電圧検出装置、104…温度検出装置、105…放電回路、106…サンプラー、110…積算電流検出装置、112…分極補正装置、113…回帰分析装置、114…残量推定装置、115…保護判定装置、116…表示装置、117…通信装置、118…冷却装置、119…バランス補償装置、120…電流遮断装置、121…電池制御装置、122…状態演算装置、123…記憶装置、124…周辺装置、837…電池モジュール、838…組電池、839…セルコントローラ、840…絶縁通信装置、841…バッテリーコントローラ、842…変換器、843…商用電源、844…電気機器、845…モーター、846…セルコントロールユニット、1051…電流遮断スイッチ、1052…変換器スイッチ、1054…突入電流防止抵抗、1055…コンデンサ、1259…電圧源。

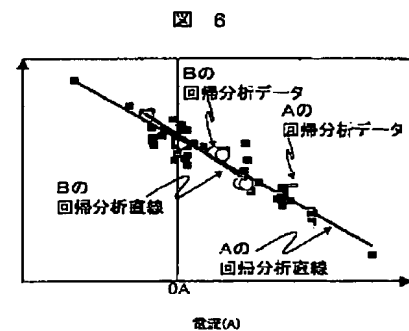
【図3】



【図4】

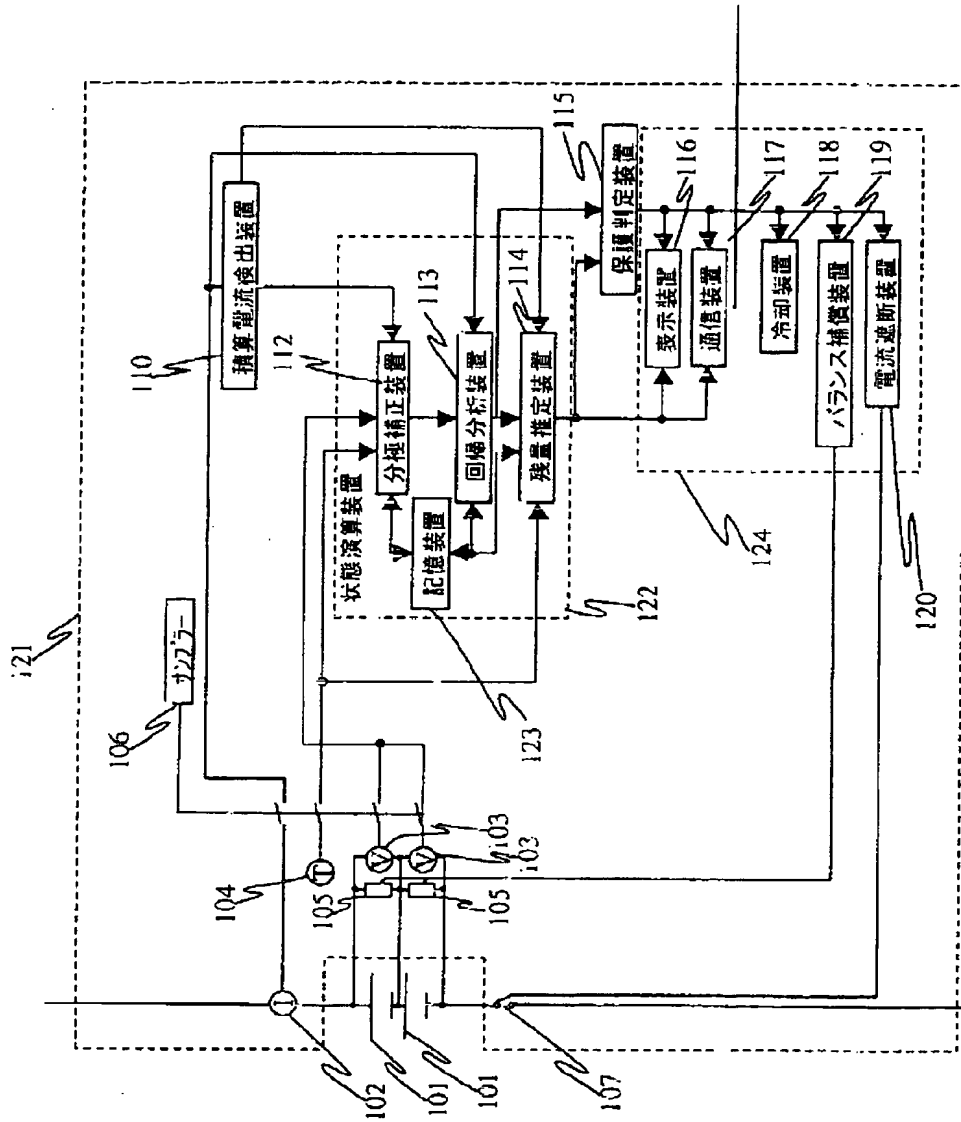


【図6】



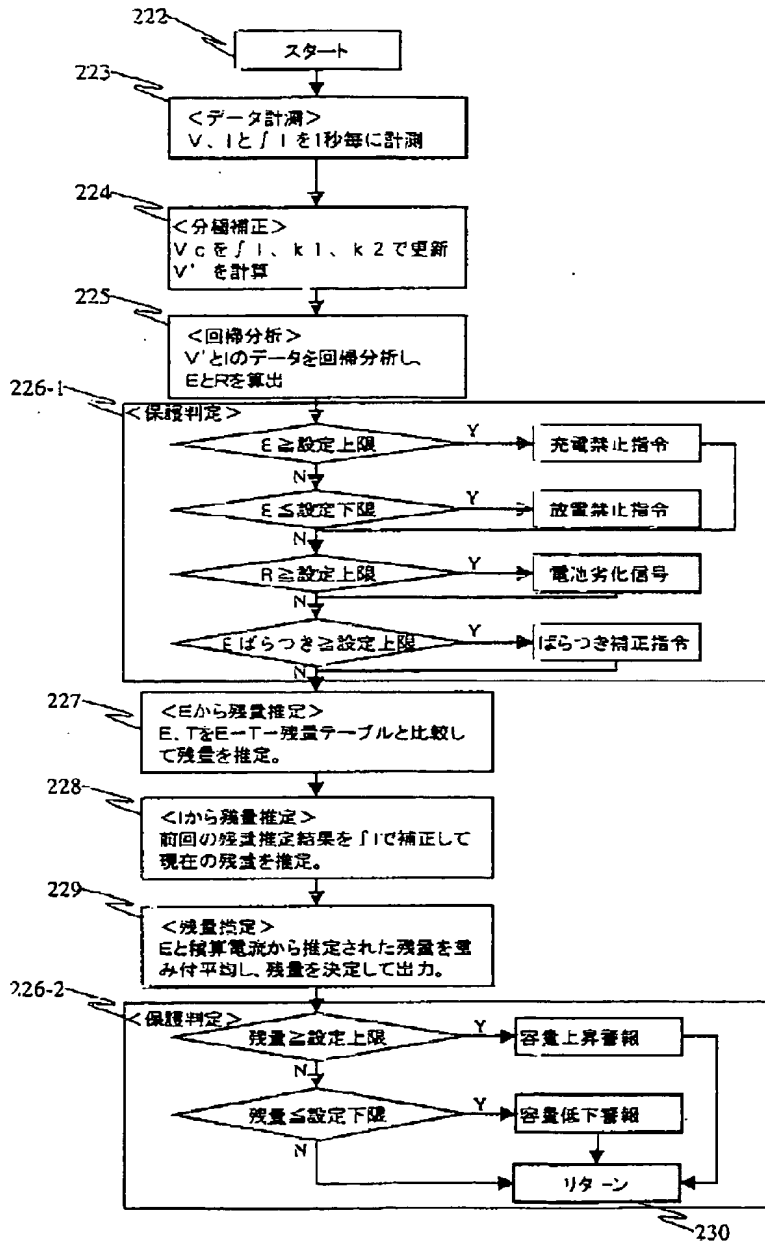
【図1】

図 1



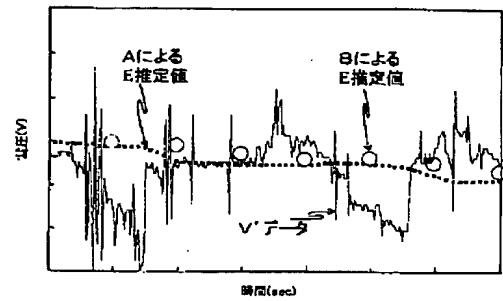
【図2】

図 2



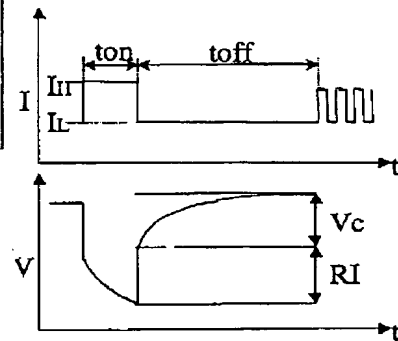
【図5】

図 5



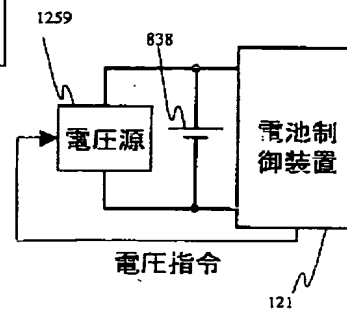
【図12】

図 12



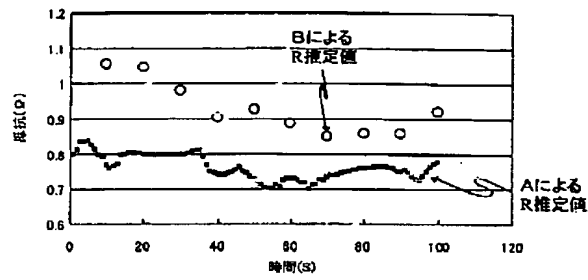
【図13】

図 13

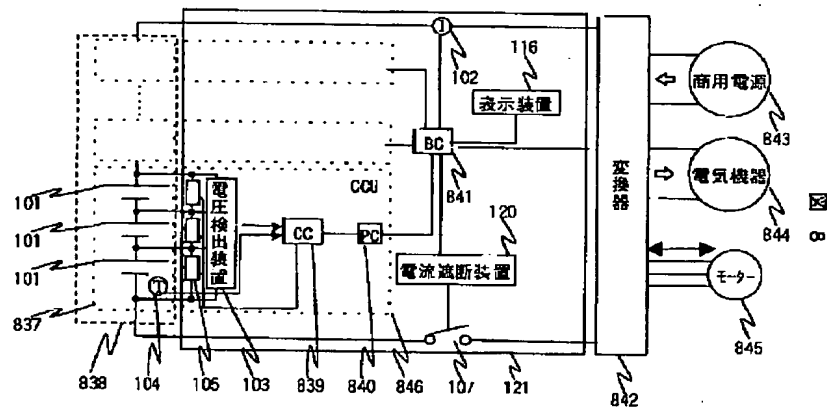


【図7】

図 7

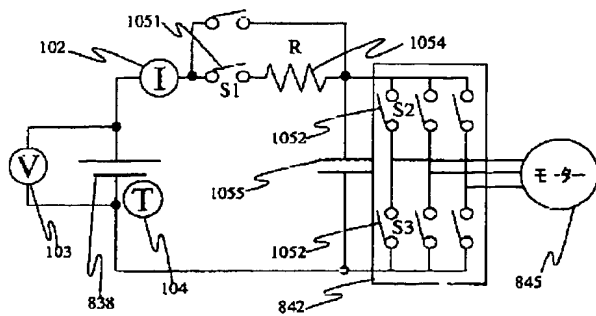


【図8】



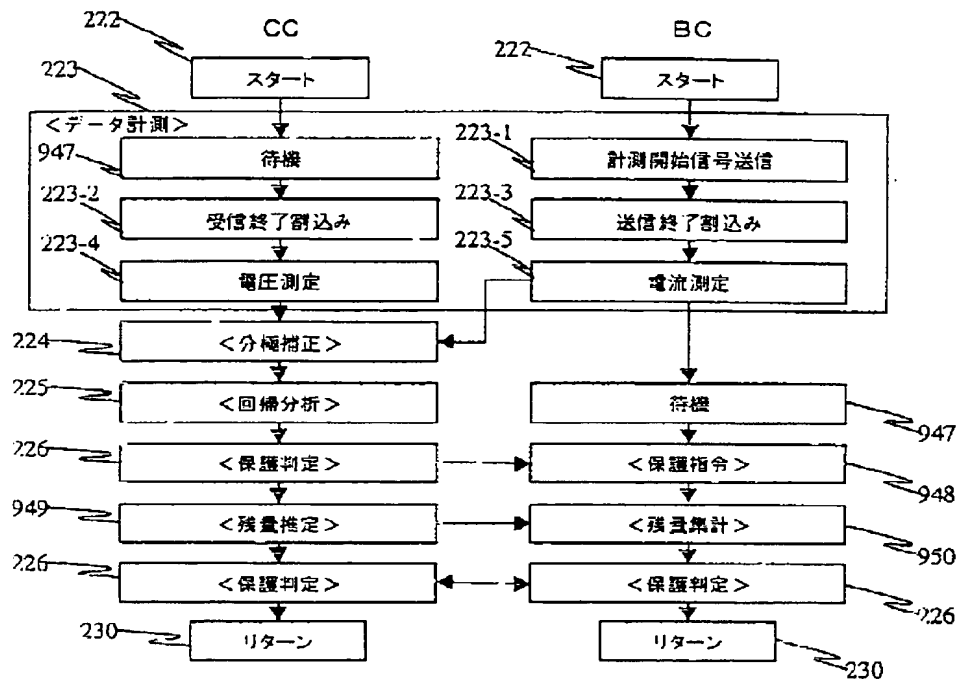
【図11】

図 11



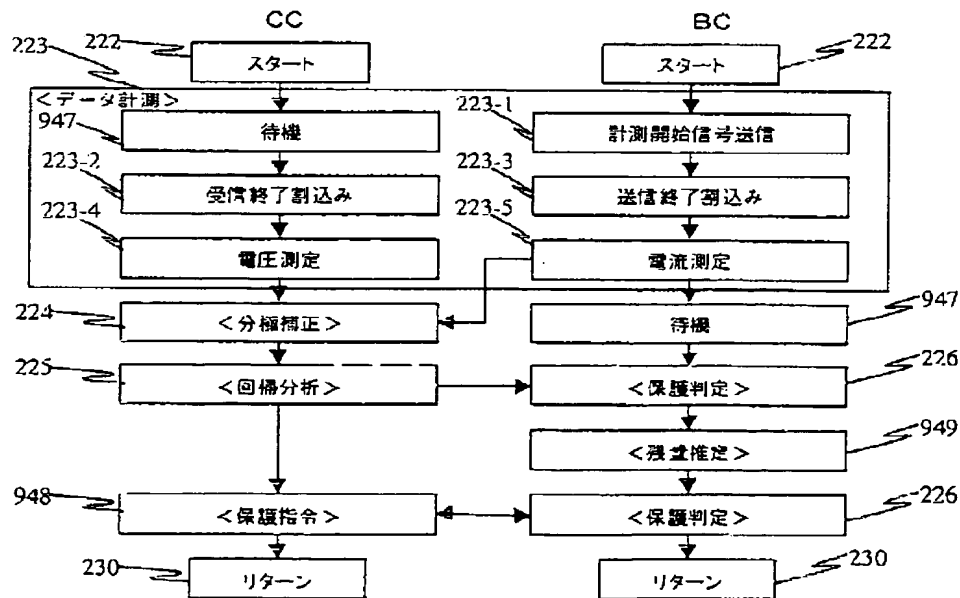
【図9】

図 9



【図10】

図 10



フロントページの続き

(72)発明者	宮崎 英樹	F ターム(参考)	2G016 CB12 CB13 CB21 CB22 CB31
	茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株		CB32 CC01 CC04 CC06 CC13
	式会社日立製作所日立研究所内		CC27 CE00
(72)発明者	秋山 登		5H030 AA08 AS20 FF22 FF42 FF43
	茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株		FF44 FF52
	式会社日立製作所日立研究所内		